

50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau
von Makro bis Nano /
Mechanical Engineering
from Macro to Nano**

Proceedings

Fakultät für Maschinenbau /
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Impressum

Herausgeber:	Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
Redaktion:	Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten Andrea Schneider Fakultät für Maschinenbau Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß, Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges, Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer, Dipl.-Ing. Silke Stauche
Redaktionsschluss: (CD-Rom-Ausgabe)	31. August 2005
Technische Realisierung: (CD-Rom-Ausgabe)	Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau Dipl.-Ing. Christian Weigel Dipl.-Ing. Helge Drumm Dipl.-Ing. Marco Albrecht
Technische Realisierung: (Online-Ausgabe)	Universitätsbibliothek Ilmenau ilmedia Postfach 10 05 65 98684 Ilmenau  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V. Werner-von-Siemens-Str. 16 98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe):	3-932633-98-9	(978-3-932633-98-0)
ISBN (CD-Rom-Ausgabe):	3-932633-99-7	(978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

G. Höhne / T. Brix / V. Henkel / E. Lotter / M. Lotz / M. Reeßing

Virtual Prototyping von Nano- und Makrosystemen

1. Einleitung

Virtuelle Prototypen technischer Produkte sind rechnerinterne Modelle, die es erlauben, während des Entwurfsprozesses die Produkteigenschaften wie Funktion, Bedienbarkeit, Herstellbarkeit, dynamisches Verhalten, Reaktion auf Störgrößen, Ästhetik u. a. zu überprüfen.

Grundlage dafür sind digitale, parametrische und constraint-basierte Modelle, die mit unterschiedlichem Abstraktionsgrad dem Entwickler vor der Erprobung der Entwicklungsergebnisse durch materielle Prototypen die Simulation des Verhaltens der Produkte ermöglichen. Diese Überprüfung sollte möglichst alle wichtigen Phasen des Produktlebenszyklus vom Entwurf, die Fertigung, den Einsatz unter den dominierenden Nutzungsbedingungen und Beanspruchungen, die Reparatur bis zum Recycling umfassen. Die dabei entstehenden großen Datenmengen kann der Entwickler nur auswerten, wenn sie in geeigneter Weise visualisiert werden. Neben der Nutzung von 3D-CAD-Systemen gewinnen Virtual-Reality-Visualisierungen an Bedeutung, mit deren Hilfe der Nutzer die virtuellen Prototypen im Echtzeitmodus interaktiv manipulieren und betrachten kann.

Neben dem visuellen Kanal können weitere Informationsschnittstellen, wie Haptik („force-feedback“) und Akustik genutzt werden. Insbesondere für die Analyse und Synthese des Geräuschverhaltens technischer Produkte fehlen noch effektive Hilfsmittel beim Produktentwurf.

An Hand einiger ausgewählter Forschungsthemen an der TU Ilmenau sollen Einsatzmöglichkeiten des Virtual Prototyping in Verbindung mit der Visualisierung durch eine Cave diskutiert werden.

2. Virtual Prototyping in der Produktentwicklung

Im Konstruktionsprozess (Bild 1) entsteht beginnend mit der Aufgabenstellung eine Folge von Produktbeschreibungen mit zunehmender Konkretisierung. Diese soll phasenübergreifend mittels Virtual Prototyping erfolgen [1].

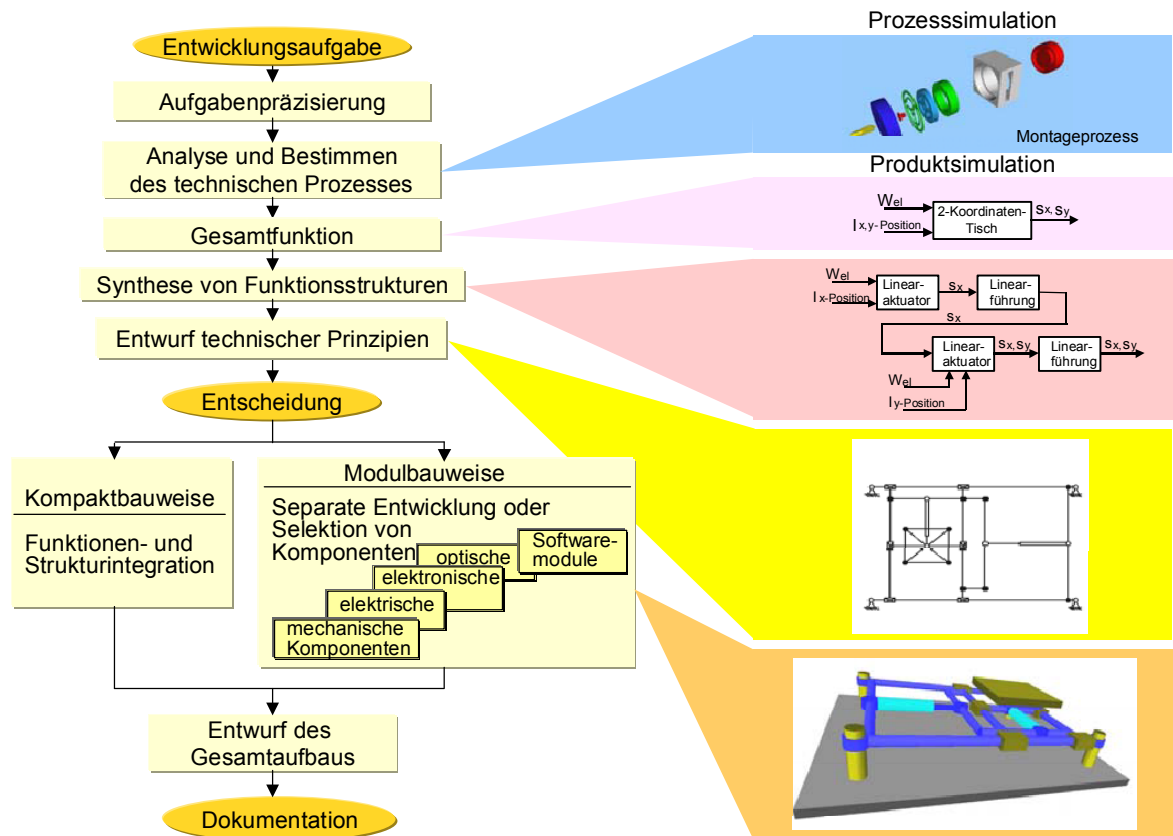


Bild 1 Konstruktionsprozess mit zugeordneten Prozess- und Produktbeschreibungen

Technische Produkte dienen der Realisierung technischer Prozesse, wie Transport, Messung, Prüfung, Bearbeitung, Justierung, Montage u.a. Um die Funktion des zu entwickelnden Produktes möglichst prozessgerecht zu bestimmen, ist es für solche Einsatzfälle zweckmäßig, der Produktspezifikation eine Prozesssimulation vorzuschalten.

Die Bewegungsparameter der Positioniereinheit für eine Montageaufgabe (Bild 1) lassen sich z.B. durch eine Simulation der Montagefolge hinsichtlich Bereich, Genauigkeit u.a. Größen bestimmen. Aus diesen Daten führt der nachfolgende Produktentwurf über die Abstraktionsstufen Funktionsstruktur, technisches Prinzip und Grobgestalt zur vollständigen Beschreibung des Produktes in Form der Dokumentation. CAD-, FEM-, MKS- und andere Modelle dienen als virtuelle Prototypen der Bestimmung der Produkteigenschaften. Eine funktionsgerechte Auslegung auf der Prinzipienebene ist z.B. mit dem Entwurfssystem MASP (Modeling and Analysis of Solution Principles) [2] möglich (Bild 2).



Bild 2 Simulation des Mechanismus eines Cabriolets mit MASP

Ein wesentlicher, aber problematischer Syntheseschritt ist dabei das Erzeugen von Vollkörpern auf der Grundlage einer durch Linien und in der Regel als planare Struktur dargestellten Prinzipskizze. Durch die parametrische Beschreibung des Modells können die funktionsentscheidenden Maße quantitativ bestimmt werden. Damit entsteht ein Gestaltforderungsplan, der unter Nutzung gespeicherter 3D-Primitive für die Komponenten von Mechanismen das Generieren ein Grobgestalt ermöglicht (Bild 3).

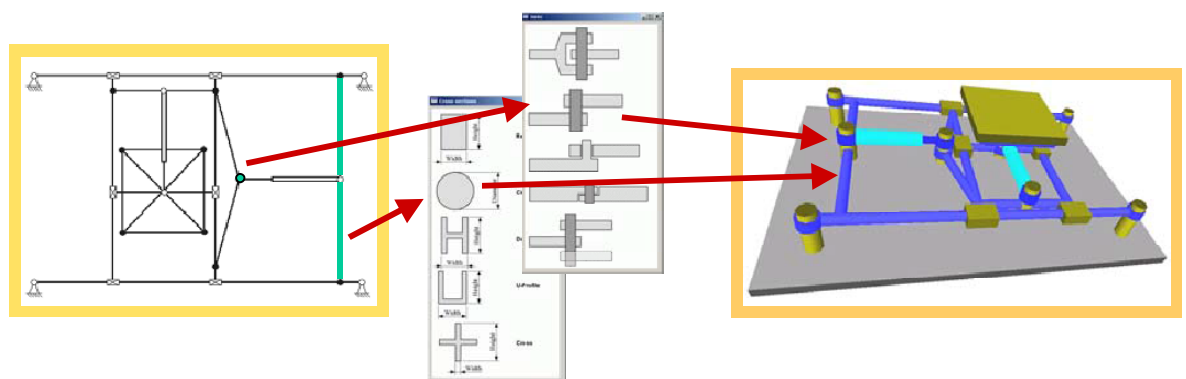


Bild 3 Übergang von Prinzip (2D) zur Grobgestalt (3D) in MASP.

Sobald im Konstruktionsprozeß dreidimensionale Strukturen entstehen, bietet sich die Möglichkeit, bei geeigneter Aufbereitung diese auch räumlich zu betrachten. Die in der Regel mit einem 3D-CAD-System erarbeiteten Modelle werden so aufbereitet, dass ein virtueller Raum entsteht, in dem der Mensch die entworfenen Objekte in Echtzeit betrachten und interaktiv manipulieren kann. Der Operateur ist dabei selbst Bestandteil der Virtuellen Realität. Interaktion und stereoskopische Projektion der virtuellen Objekte führen zum Effekt der Immersion, wodurch Produkteigenschaften erkennbar werden, die ein CAD-System (noch) nicht darstellen kann. Bild 4 stellt Gemeinsamkeiten und Unterschiede von CAD- und VR-Systemen dar.

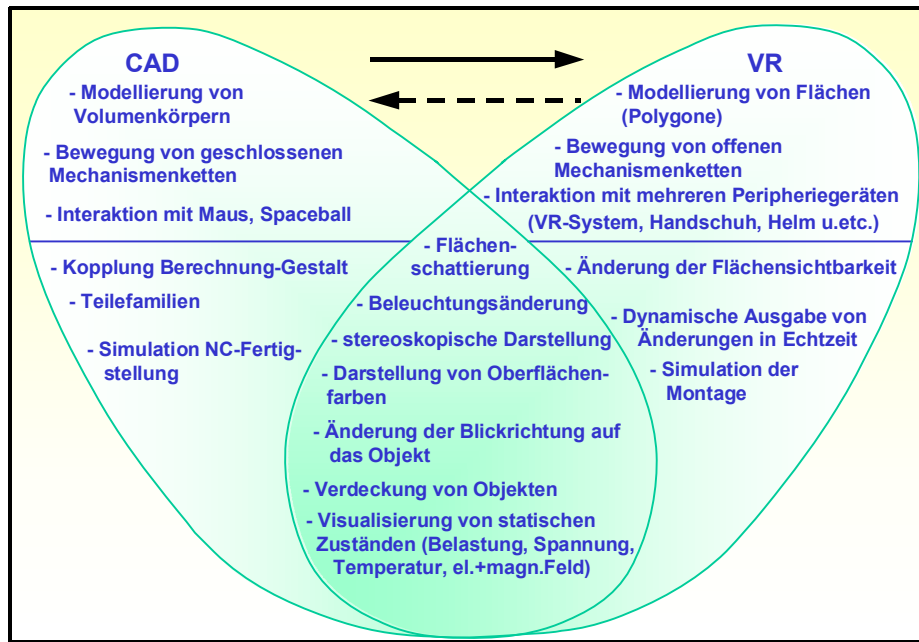


Bild 4: Leistungsfelder der CAD- und VR-Systeme

Ein wesentlicher Effekt der VR-Repräsentation ist die Möglichkeit der Interaktion mit großen Objekten im Maßstab 1:1, weshalb großformatige Darstellungen durch Caves, Powerwalls und Holo-banches sich gegenüber Bildschirm-Systemen und Head-Sets für Virtual Reality-Applikationen immer mehr durchsetzen. Das Erzeugen einer VR-Datenstruktur ist zur Zeit noch ein aufwändiger Prozess (Bild 5) [3].

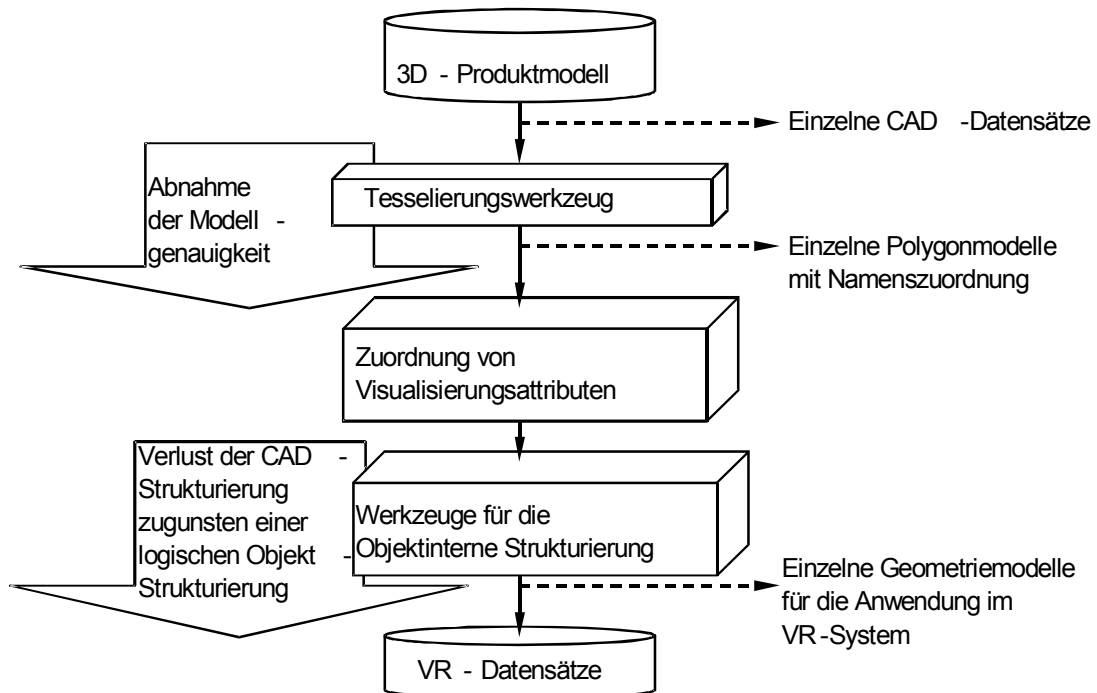


Bild 5 Modellerzeugung der geometrischen Objekte, nach [3].

Der Übergang von einem 3D-CAD-Modell (B-Rep, CSG, Voxel) zu den Polygonmodellen der VR-

Technologie ist aus Gründen der Rechnerleistung für die Echtzeitsimulation notwendig. Hierfür werden Renderer mit sehr hoher Leistung benötigt (mehrere 100 Mio Polygone/s). Diese Visualisierungsgeometrie beinhaltet nicht mehr die für den vollständigen Gestaltentwurf benötigten Daten der Konstruktionselemente. Werden nun bei der Betrachtung und Manipulation der Objekte im virtuellen Raum notwendige konstruktive Änderungen erkannt, so sind diese beim gegenwärtigen Stand der Entwicklung nur manuell durch Änderung im CAD-Entwurf möglich. Ansätze für eine rechnerische Rückführung sind in Bearbeitung [4]. Eine grundsätzliche Lösung steht noch aus. Entwicklung und Nutzung des Werkzeugs „Virtual Reality“ hängen sehr stark von den Anforderungen ab, die durch Untersuchung und Erprobung der Anwendungsszenarien ermittelt und an die VR-Entwickler gestellt werden. Diesem Ziel dienen auch die nachfolgenden Ausführungen.

3. Anwendungsfelder

Der Haupteffekt der gegenwärtig genutzten VR-Studios in der Industrie besteht in der visuellen großformatigen Kommunikation über das Verhalten der Produkte im Entwurfsstadium. Man ergänzt das „Digital Mock Up“ durch Virtual Reality und erwartet z.B. in der Automobilindustrie Einsparungen von 20% beim Bau physischer Prototypen durch realitätsnahe Simulation von Prozessen und Produkten. Dabei gewinnt die Kombination von realer und virtueller Umgebung-Augmented Reality- an Bedeutung. Der dabei erreichbare Optimierungsprozess hat seinen Weg stets über die Eindrücke, Beobachtungen und Reaktionen der beteiligten Menschen im VR. Deshalb versucht man zusätzlich zu den visuellen Wahrnehmungen weitere Sinnesorgane bei der Immersion im VR mit einzubeziehen (Haptik, Akustik).

Die Übersicht in Bild 6 nennt Möglichkeiten für den Einsatz dieser Technologie.

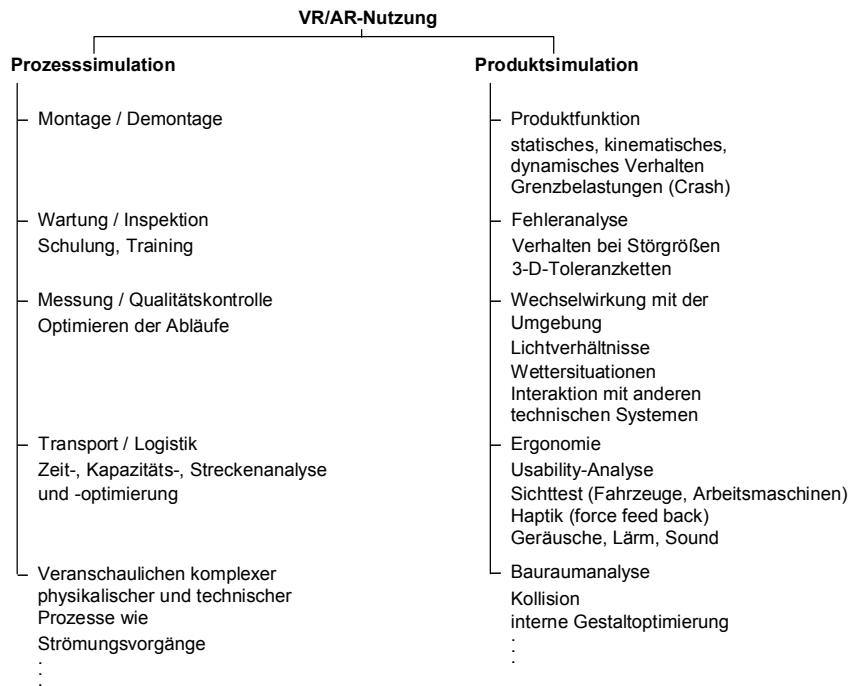


Bild 6 Anwendungsfelder für VR und AR

Forschungsobjekte der TU Ilmenau vom Nano- bis zum Makrobereich bieten vor dem Hintergrund des Aufbaus eines Kompetenzzentrums „Virtual Reality“ Anwendungsfelder für diese Technologie und stellen Anforderungen an deren Weiterentwicklung.

Nanopositionier- und Nanomessmaschinen (NPM) messen und manipulieren Strukturen im Nanometerbereich (Bild 7a).

Die Analyse der Beschaffenheit solcher Strukturen und ihre Wechselwirkung mit den „Nanotools“, wie z.B. Cantileverspitzen (7b) kann durch stereoskopische Darstellung und räumliche Betrachtung der Messergebnisse unterstützt werden. Die Anforderungen an die Konstruktion der Maschinen sind damit präzisierbar. Die VR-Darstellung von Prototyp der Maschinen (Bild 8) bietet den beteiligten Partnern eine hilfreiche Kommunikation für die Optimierung des Aufbaus.

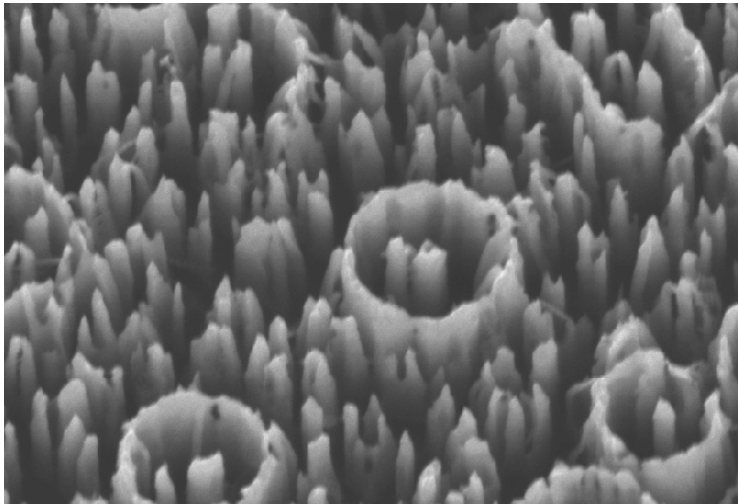
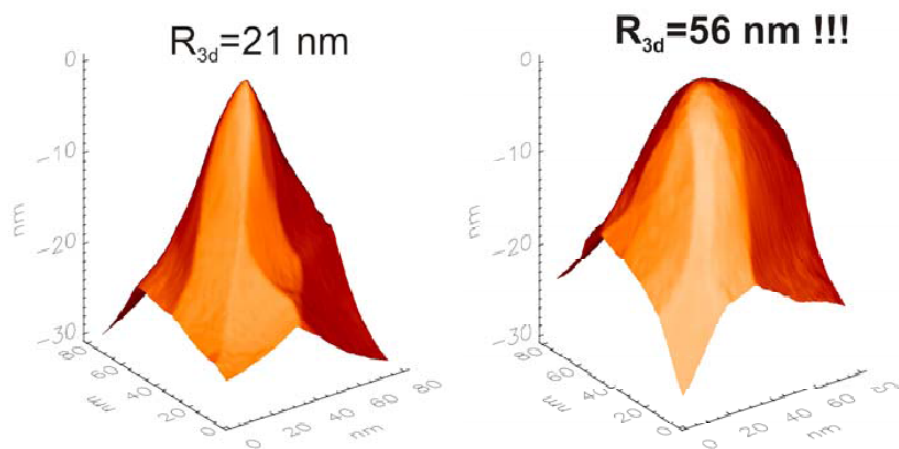


Bild 7a) REM-Aufnahme von Silizium-Nadeln [5]



7b) Kantilever-Spitzen vor und nach ihrer Nutzung [6]

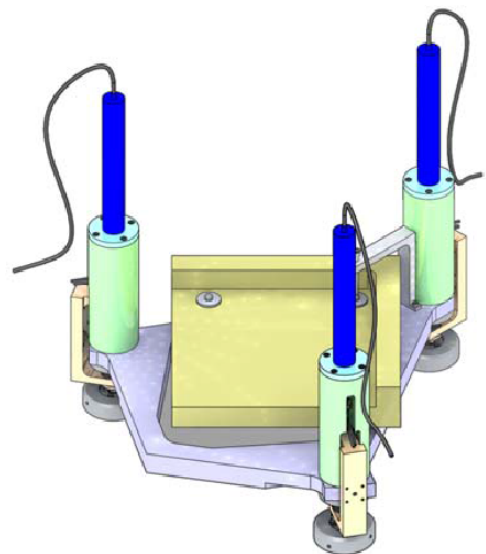
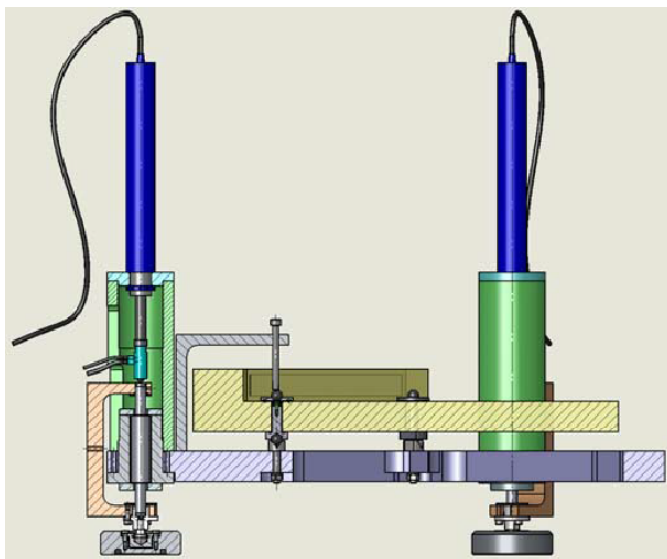


Bild 8 CAD-Modell der Baugruppe für die Vertikalbewegung des Messspiegels der NPM-Maschine, Ausgangsbasis für eine VR-Modellierung

In der Mikrosystemtechnik entsteht die Produktgestalt stets im Zusammenhang mit der Festlegung der zu ihrer Erzeugung erforderlichen Technologie. Bild 9 zeigt die Montagefolge für ein Mikroventils [7].

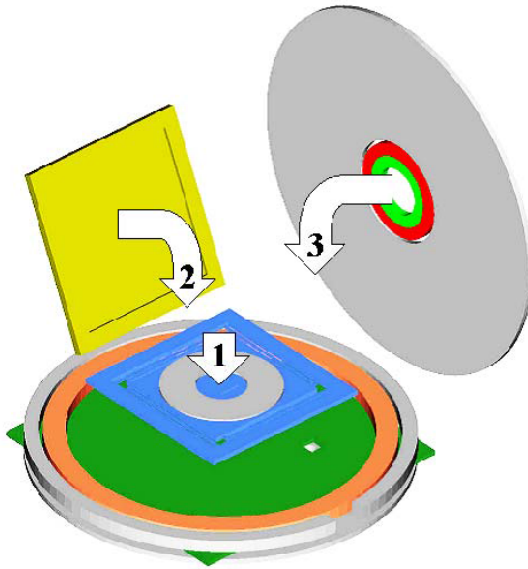


Bild 9 Entwurf und Montagesimulation eines Mikroventils [7]

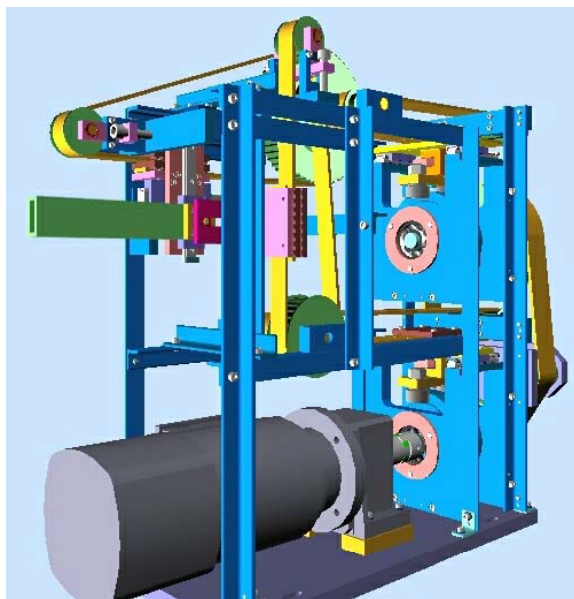


Bild 10 Entwurf eines Pick and Place-Manipulators [8]

Für die Montage von Mikrosystemen kommen Automaten mit Pick und Place-Manipulatoren (Bild 10) zum Einsatz. Die Stereoprojektion des sich bewegenden Mechanismus mit der Nutzung der Funktion „Durchfliegen“ macht Reserven bei der Bauraumausnutzung sichtbar, die sich beim Redesign der Einheit nutzen lassen.

Die Visualisierung der Vorgänge des Lichtbogenspritzens (Bild 11) auf Grundlage einer digitalen Simulation [9] liefert wichtige Erkenntnisse für die Gestaltung der erforderlichen Anlage sowie für die Prozessführung. Da der Vorgang mit belastender Geräuscentwicklung verbunden ist, wäre die VR-Präsentation zweckmäßig mit einem Audiokanal zu versehen, der weitergehende Erkenntnisse liefern könnte.

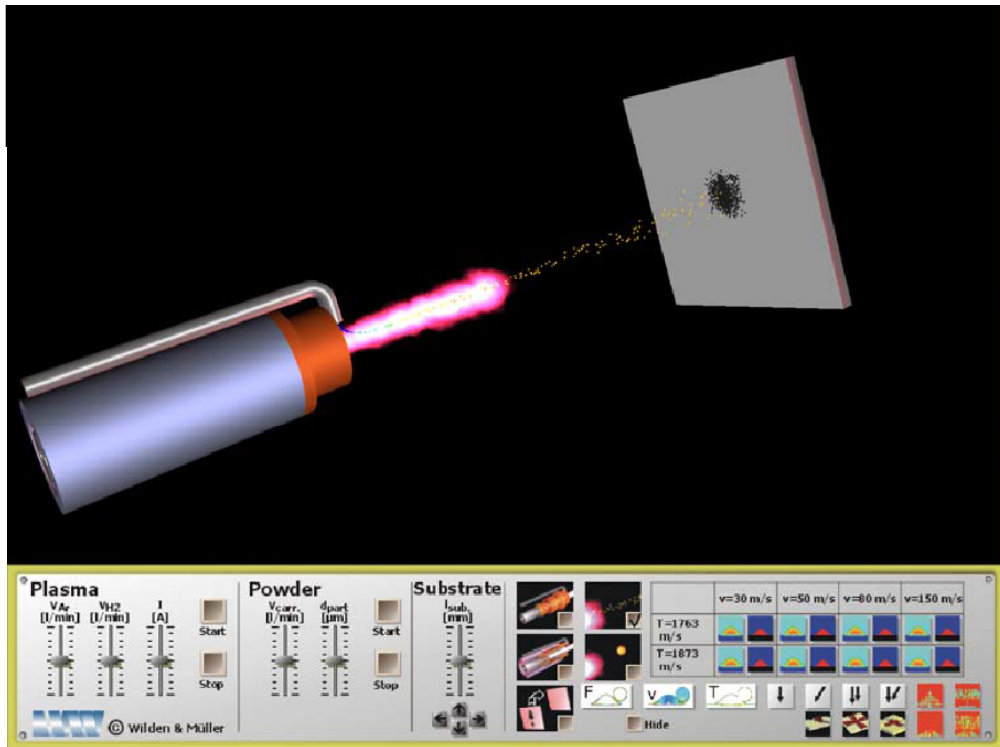


Bild 11 Technologische Einrichtung für das Lichterbogenspritzen [9].

In der Automobilindustrie ist die Nutzung von VR und AR bereits fester Bestandteil der Entwicklungstechnologie. Bild 12 zeigt zwei Szenen, die mit einem Renderer mit einer Leistung von 200 Mio Polygonen [10] erzeugt wurden.



Bild 12 Studie für die Wirkung eines PKW-Designs bei Nacht und Tageslicht [10].

Die Komplexität von Fahrzeugen war Anlass, das Zusammenwirken der Komponentenentwickler mittels „Digitale Mock Up und VR-Visualisierung zu koordinieren. Erste Lösungen für die datentechnische Rückkoppelung von virtuellen Raum zum CAD-Modell sind bei der interaktiven Verlegung von Rohren und Schläuchen im Motorraum von PKW erreicht [3], [4]. Eine wesentliche Hilfe für den Fahrzeugentwurf ist die Darstellung auf Power Walls im Maßstab 1:1.

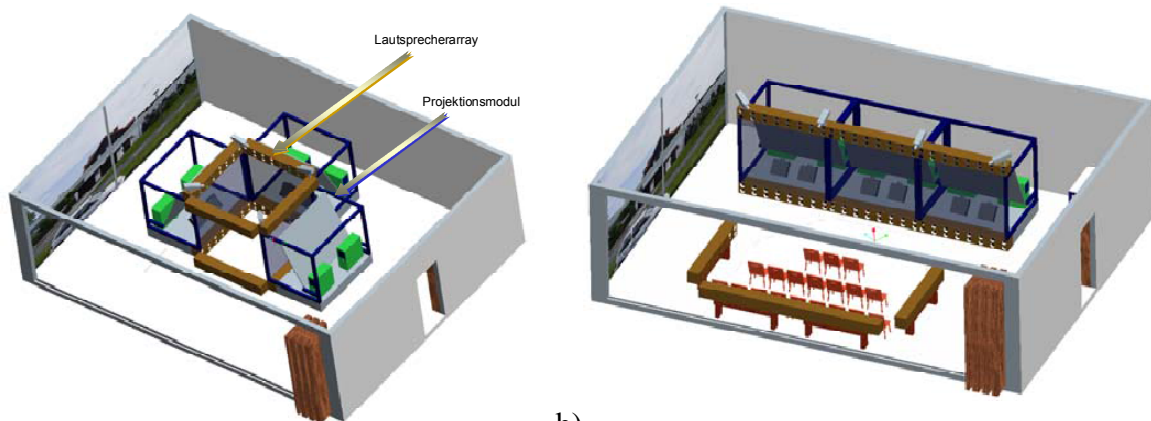


Bild 13 3D-Modell des Nutzfahrzeugs „Multicar“ [11]

Bei Fahrzeugen, aber auch bei Produkten der Konsumgüterindustrie, Ausrüstungen für die Fertigung und zahlreichen anderen gewinnen Lärmbekämpfung, Beherrschen von Geräuschen und Sounddesign an Bedeutung. Für diesen Zweck soll das an der TU Ilmenau zu installierende VR-System speziell ausgerüstet werden.

4. Konzept einer audiovisuellen Cave

Die stereoskopische Visualisierung soll über eine 3-Seiten-Cave erfolgen, die sich durch Schwenken ihrer Module zu einer Power Wall umgestalten lässt (Bild 14).



a) b)
Bild 14 Audiovisuelle Projektionseinrichtung a) Cave, b) Power Wall

Sie wird mit einem Audiosystem kombiniert, das nach dem Prinzip der Wellenfeldsynthese einen 3D-Sound erzeugt und eine akustische Immersion ermöglicht (Bild 15). Beide Systeme sollen über das gleiche Tracking-System die Position des Akteurs erfassen und den optimalen Raumeindruck vermitteln.

Die Wellenfeldsynthese nutzt das Huygensche Prinzip (Bild 15). Die Lautsprecherarrays erzeugen durch gesteuerte Überlagerung der Schallwellen einen räumlichen Höreindruck an jedem Punkt des Raumes.

Mit diesem Aufbau soll das akustische Verhalten von Produkten untersucht werden.

Darstellungsmöglichkeiten in WFS

Prinzip Wellenfeldsynthese

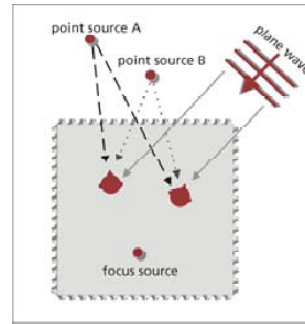
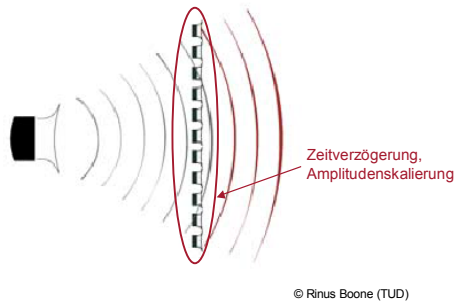


Bild 15 Konzept der Wellenfrontsynthese [12]

- a) Hygenschies Prinzip
- b) Anordnung der Schallquellen (Lautsprecher)

Zusammenfassung, Ausblick

Virtual Prototyping in Verbindung mit der Nutzung von Virtual Reality eröffnet neue Möglichkeiten bei Beurteilung von Entwürfen in der Produktentwicklung. Stereoskopische Visualisierung, Interaktion in Echtzeit, ergänzt durch akustische Wahrnehmungen in Virtuellen Raum liefern dem Nutzer realitätsnahe Eindrücke über das entworfene Produkt.

Die Beispiele von Nano- und Makrosystemen zeigen, dass das Verständnis insbesondere komplexer Strukturen erleichtert wird und Zusammenhänge im räumlichen Kontext gut erkennbar sind. Durch Einbindung des Audiokanals soll ein Experimentierfeld für Geräuschanalyse und Sounddesign geschaffen werden.

Das an der TU Ilmenau im Aufbau befindliche Kompetenzzentrum „Virtual Reality“ wird auf diesem Feld Untersuchungen durchführen.

Literatur:

- [1] Brix, T.; Brüderlin, B.; Höhne, G.; Reeßing, M.; Wolf, G.: Feature- und constraintbasierte Modellierung auf der Funktions-, Prinzip- und Gestaltebene. 47. IWK, Tagungsband. S.75/76, Ilmenau 2002
- [2] Brix, T.: Feature- und constraintbasierte Entwurf technischer Prinzipie. Dissertation TU Ilmenau 2001
- [3] Symnietz, M.: Echtzeitbasierte Generierung und Verlegung von Leitungsobjekten in einem digitalen Fahrzeugmodell mit einem Virtual-Reality-System. Dissertation, Universität Bielefeld 2000.
- [4] Rabátje, R.: Integration flexibler Bauteile in eine Umgebung der virtuellen Realität für den Einsatz in einer Montagesimulation. Dissertation Universität Hannover 2002
- [5] Kern, H.; Knedlik, Ch.; Spieß, L.: Werkstoffe und Oberflächen. Forschungsbericht Teilprojekt B3, DFG-Sonderforschungsbereich 622, TU Ilmenau 2005
- [6] Frank, K.-H.; Machleidt, T.: Sensornahe Messdatenerfassung und -verarbeitung. Forschungsbericht Teilprojekt C2, DFG-Sonderforschungsbereich 62, TU Ilmenau 2005
- [7] Kallenbach, M.: Entwurf von magnetischen Mini- und Mikrotoren mit stark nichtlinearen Magnetkreis. Dissertation, TU Ilmenau 2005
- [8] Lotz, M.: Entwicklung eines Handling-Systems für Pick- and Place-Aufgaben mit neuen Antriebskonzepten, Diplomarbeit 2002
- [9] Wilden J.; Frank, H.: Thermal Spraying – Simulation of coating structures. ITSC 2005, International Thermal Spray Conference and Exposition, Basel (2005); Conference Proceedings; ISBN 3-87155-793-5
- [10] Heyer, M.; Pfützner, S.; Brüderlin, B.: Visualization Server for Very Large Virtual Reality Scenes, 4. Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, 9. - 10. Juni 2005, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn
- [11] Multicar M26. Firmenschrift MULTICAR Spezialfahrzeuge GmbH Waltershausen 2005
- [12] Brandenburg, K.; Brix, S.; Sporer, Th.: Wave Field Synthesis: New Possibilities for Large-Scale Immersive Sound Reinforcement. Fraunhofer IDMT & TU Ilmenau 2005

Autorenangabe(n):

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Günter Höhne

Dr.-Ing. Torsten Brix, Dipl.-Ing. Veit Henkel, Dipl.-Ing. Markus Lotz, Dipl.-Ing. Michael Reeßing,
TU Ilmenau, Fachgebiet Konstruktionstechnik,

PF 100565, 98684 Ilmenau

Tel.: (03677) 46 90 21, E-Mail: guenter.hoehne@tu-ilmenau.de